

APPAREILLAGE POUR L'ENREGISTREMENT, LA TÉLÉMESURE ET LE TRAITEMENT DE L'INFORMATION DANS LE DOMAINE DES STATIONS DE JAUGEAGE ET DES STATIONS USINES

Communication
présentée au Comité technique
de la Société Hydrotechnique de France
le 21 mars 1969

PAR H. ANDRÉ *
ET J. FLEURÉ *

La Division Technique Générale du Service de la Production Hydraulique à Electricité de France a dû, pour répondre rapidement aux besoins de l'Exploitation, améliorer et développer un réseau hydrométrique de stations de jaugeage et de stations usines.

L'adoption dès la création du Service en 1954, d'un seul type de limnigraphe a permis d'utiliser dès 1960 un appareil analogique ADL 61 permettant l'analyse des enregistrements. Depuis 1965, l'utilisation d'un calculateur du type CAE 510 facilite les travaux de publication et de contrôle des résultats et il est prévu, dans le but de limiter les délais nécessaires pour le calcul des débits, d'utiliser dans une première étape, un appareil analyseur de limnigrammes et perforateur de données de hauteur d'eau directement utilisables sur calculateur. On envisage dans un avenir proche, la mise en service industrielle, dans les stations de jaugeage, de codeurs magnétiques spécialement conçus, peu onéreux et dont plusieurs prototypes sont à l'essai depuis quelques mois. Le traitement de l'information serait ainsi automatique depuis l'enregistrement codé de la hauteur d'eau jusqu'à l'impression des résultats.

État actuel

Appareillage d'enregistrement des hauteurs d'eau.

En 1969, le contrôle des débits des rivières est fait essentiellement à partir des stations de jau-

geage où on enregistre les variations du niveau de l'eau de la rivière.

Des jaugeages instantanés faits au moulinet ou par la méthode de dilution pour différentes valeurs du débit permettent d'établir, puis de contrôler et de modifier éventuellement la courbe hauteur d'eau-débit de la station.

Les limnigraphes qui enregistrent la hauteur d'eau utilisent le plus souvent des flotteurs qui se déplacent dans des puits en communication avec la rivière mais on trouve aussi des limnigraphes à bulles, utilisant une mesure de pression, qui présentent l'avantage de la simplicité du génie civil et d'une meilleure tenue à l'envasement. Par souci de standardisation et en prévision du traitement mécanographique ultérieur des enregistrements, un même type d'enregistreur a été adopté par la Division Technique Générale dès la création de son réseau de stations de jaugeage.

Les autonomies de ces appareils atteignent six mois et même un an, le mécanisme d'horlogerie étant alors périodiquement remonté par un micro-moteur électrique alimenté par piles sèches immergées en caisson étanche dans la rivière.

L'enregistrement est assuré par mine de graphite sur papier ou par crayon d'argent sur papier baryté.

En outre une quarantaine de stations sont munies de limniphones permettant d'obtenir en clair depuis n'importe quel point du réseau P.T.T. la cote actuelle de la rivière et les cotes des dix heures précédentes.

* Ingénieurs à la Division Technique Générale, E.D.F. à Grenoble.

Transformation hauteur-débit.

Dans de nombreux cas, la transformation des enregistrements de hauteur d'eau est faite par un technicien qui note la valeur des hauteurs d'eau toutes les heures ou toutes les deux heures, relève sur des barèmes les valeurs de débits correspondantes et fait la moyenne de ces vingt-quatre ou de ces douze valeurs de débits pour obtenir le débit moyen journalier.

Depuis 1961, la Division Technique Générale dispose, à Grenoble, d'un analyseur de limnigrammes ADL 61, conçu et réalisé dans ses ateliers, qui permet le dépouillement semi-automatique des limnigrammes. Ceux-ci sont placés sur l'appareil : un opérateur effectue des pointés à une fréquence prédéterminée après avoir introduit la courbe de tarage hauteur-débit à l'aide de seize potentiomètres dans l'analyseur.

Les débits moyens journaliers sont imprimés automatiquement à l'extrémité de la chaîne de mesures (*).

Ce dispositif transitoire a permis de gagner du temps et de la précision dans les opérations longues et fastidieuses de transformation des hauteurs enregistrées en débits.

L'inconvénient fondamental du système est la nécessité de coder manuellement les informations ainsi imprimées pour les traiter en calculateur.

En outre, un détarage de la station oblige à refaire entièrement le travail d'analyse déjà fait, puisque l'analyseur imprime les débits et non les hauteurs d'eau.

Certains services, tels que la deuxième circonscription électrique à Dijon, ont préféré adopter un appareil très simple de leur fabrication permettant d'imprimer les valeurs de hauteurs d'eau de façon semi-automatique à partir des limnigrammes et de confier les bandes imprimées à des sociétés spécialisées qui assurent la perforation de ces valeurs de hauteur, leur transformation en débits et l'impression des valeurs ainsi déterminées.

Traitement des données de débit sur calculateur.

Débits relatifs à des stations de jaugeage.

Les valeurs de débit moyen journalier, déterminées selon les méthodes décrites antérieurement, sont archivées sur bande magnétique, après avoir été traitées par un programme mis au point par la Division Technique Générale sur son calculateur CAE 510. Le programme correspond à un travail dans un style conversationnel. Il permet de vérifier l'homogénéité des données, de faire les calculs de moyennes en les contrôlant de telle sorte que l'archivage corresponde effectivement aux données réelles initiales et que tous les calculs annexes résultant de ces valeurs soient exacts. Cette méthode, qui a été conçue pour un traitement mensuel ou plurimensuel (éventuellement annuel), permet également la publication complète des tableaux de résultats selon les règles conventionnelles d'arrondis en vigueur, sans aucune transcription humaine, et présente l'avantage de procurer les données, pour des études ultérieures aussi bien hydrologiques qu'économiques, sous une forme traitable directement sur calculateur.

Débits relatifs aux stations-usines.

Dans les centrales hydroélectriques, les débits turbinés sont, le plus souvent, déterminés à partir de la production d'énergie et des caractéristiques de l'usine (hauteur de chute, pertes de charge dans les ouvrages d'aménée, rendements des turbines et des alternateurs). Ces valeurs de débits turbinés, comme d'ailleurs les débits déversés, sont traitées sur calculateur de la même façon que les débits déterminés à des stations de jaugeage.

Dans les stations-usines, il est pratique d'introduire la notion de « débit équivalent de variation de réserve ». De telles valeurs algébriques sont déterminées à partir de la connaissance des volumes d'eau emmagasinés dans les réservoirs tous les jours à 0 h, les volumes étant eux-mêmes déduits de la mesure du niveau du plan d'eau et du barème de capacité de la réserve établi généralement de centimètre en centimètre sur calculateur à partir des données de surfaces de la réserve.

Les données de volume sont traitées sur calculateur de façon à déterminer les débits de variation de réserve. Les résultats sont positifs lorsqu'il y a augmentation du volume emmagasiné et négatifs dans le cas contraire. L'archivage des données de volume des résultats est effectué de façon analogue à celle qui a été décrite précédemment. La méthode utilisée permet également la réalisation automatique des tableaux de résultats en vue de leur publication.

Dans le cas d'un aménagement hydroélectrique comportant une usine et un réservoir, les débits turbinés, déversés ou les débits de variation de réserve ne peuvent caractériser, lorsqu'on les prend isolément, les débits d'apports à l'aménagement. Il est nécessaire de disposer d'un programme « addition » permettant d'effectuer les calculs de bilans selon la formule :

$$\text{Apports} = \text{Turbinés} + \text{Déversés} + \text{Variation de réserve}$$

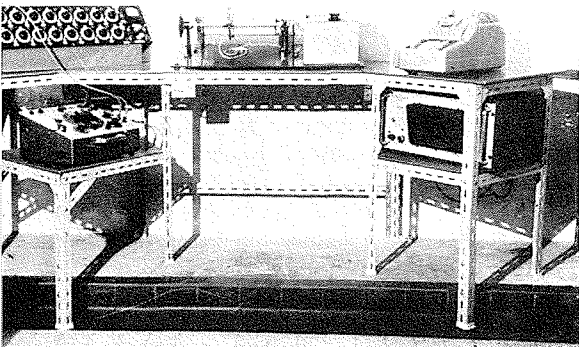
Ce programme qui permet d'effectuer aussi bien des additions que des soustractions de tableaux de débits, s'avère particulièrement intéressant lorsque l'on désire contrôler les résultats obtenus en plusieurs points d'une même rivière : il suffit pour cela de faire calculer les apports des bassins intermédiaires entre deux points consécutifs pour détecter des anomalies. L'utilisation de cette méthode est très développée, car elle permet d'améliorer sans cesse l'homogénéité et la qualité des résultats publiés.

Calcul des débits naturels reconstitués.

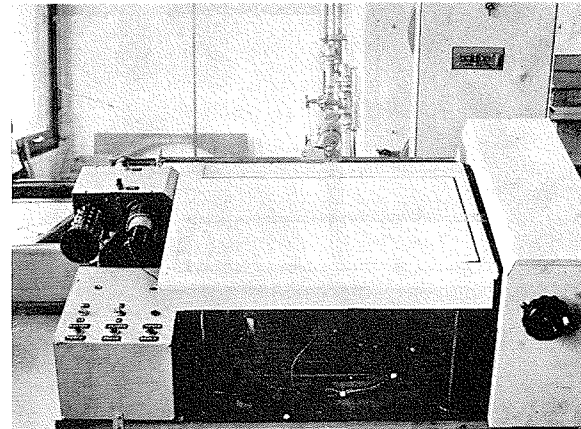
La présence d'aménagements (réservoirs, canaux ou galeries de dérivation) modifie les débits qui transitent réellement dans le lit des rivières. Or, les études hydrologiques sont faites sur des séries de données homogènes, ce qui se traduit en pratique par la nécessité de reconstituer les débits naturels, c'est-à-dire les débits que l'on aurait s'il n'y avait pas d'aménagements situés en amont. Cette reconstitution est effectuée généralement à l'échelle mensuelle, à partir du même programme « addition », par application de la formule :

$$\text{débit naturel reconstitué} = \text{débit réel} + \text{débit d'influence amont}$$

(*) Analyse des limnigrammes ADL 61, par H. André et A. Lacoste, *La Houille Blanche* n° 3, juillet-août 1962.



1/ Analyseur
de limnigrammes ADL 61.
Type ADL 61
level record analyser.



2/ Analyseur de
limnigrammes perforateur
ADL P 68.
Type ADL P 68 punching
level recording analyser.

Le débit d'influence amont étant lui-même égal à la somme des débits des variations des réserves situées à l'intérieur du bassin versant relatif au point considéré et des débits dérivés de l'intérieur du bassin vers l'extérieur de ce bassin. Cette dernière définition doit être comprise dans son sens algébrique, c'est-à-dire que pour des débits dérivés de l'extérieur vers l'intérieur du bassin, il y a lieu d'effectuer une soustraction.

$$\text{Débit d'influence amont} = \sum \text{débit des variations de réserve} + \sum \text{Der}$$

Convention de signes :

Débit de variation de réserve > 0 si stockage;

Débit de variation de réserve < 0 si destockage.

Der > 0 de l'intérieur vers l'extérieur

Der < 0 de l'extérieur vers l'intérieur

Correction automatique.

La reconstitution des débits naturels, comme les divers bilans de l'eau, conduisent à un nombre parfois important d'additions de résultats : une même influence peut intervenir sur de nombreux points de mesure. C'est le cas notamment d'une galerie de dérivation, puisqu'elle agit aussi bien sur tous les points situés dans le bassin du captage à l'aval de la dérivation que sur les points situés à l'aval de la restitution dans le bassin récepteur, l'influence ne cessant qu'à partir du confluent des rivières des deux bassins intéressés. Toute correction de données dans un tableau des débits dérivés par une telle galerie (correction résultant d'un changement de courbe de tarage par exemple) entraîne toute une série de corrections dans les tableaux qu'il influence. C'est pour avoir la certitude que tous les reports sont effectués sans aucune omission qu'a été mis au point un programme de « correction automatique » qui utilise comme données des résultats de liaisons élaborés par un autre programme à partir de toutes les formules d'addition, aussi bien journalières que mensuelles, utilisées pour les calculs de bilans, d'influences amont et de débits naturels reconstitués.

Etat transitoire

Analyseur de limnigrammes. Perforateur.

Il existe dans le commerce des dispositifs qui permettent de transformer de façon automatique ou semi-automatique des enregistrements analogiques en données numériques codées soit sur rubans perforés ou magnétiques soit sur cartes perforées.

Ces appareils ont l'inconvénient d'être relativement complexes et coûteux (de 50 000 à 150 000 F

en 1969) mais ils offrent des possibilités étendues et sont d'une utilisation aisée et universelle. Certains services, l'ENEL en Italie par exemple, ont adopté un appareillage de ce type pour l'analyse de tous leurs diagrammes centralisés en hydrologie.

La D.T.G. a choisi de concevoir un dispositif très simple et peu coûteux pour l'analyse du type unique de limnigrammes, afin de disposer d'un tel appareil dans chacun de ses centres.

Cet ensemble, ADL P68, est constitué essentiellement d'une table munie d'un dispositif suiveur à commande manuelle et d'un perforateur OTT de bandes Télex.

L'opérateur affiche le pas choisi dans l'échelle des temps et commande les pointés de hauteurs correspondant à ces intervalles de temps constants (une heure ou deux heures en général).

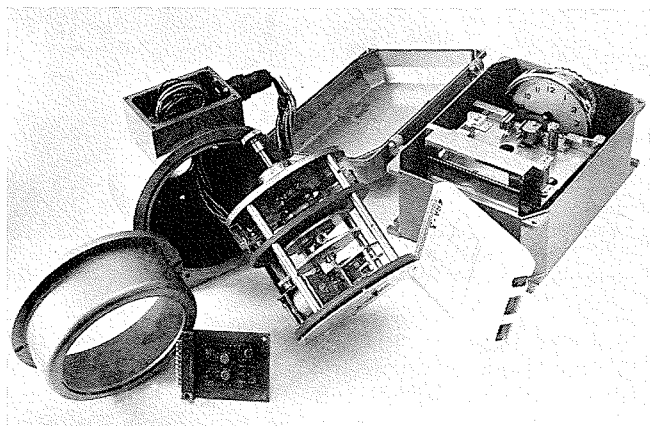
Les valeurs des hauteurs sont automatiquement perforées sur bandes Télex. Ces bandes sont ensuite transformées automatiquement en bandes magnétiques assimilables par le calculateur.

Ces analyseurs perforateurs seront utilisés pendant quelques années tant que les limnigraphes n'auront pas été doublés dans les stations par des codeurs numériques. Ils seront utilisés ultérieurement en cas de défaillance de codeurs numériques.

Transformation hauteur-débit.

Les données de hauteur d'eau doivent être traitées sur calculateur en vue de déterminer les débits et d'archiver ces résultats sous un faible volume (bande magnétique). Cette transformation nécessite au préalable la définition de la courbe de tarage de la station. On pouvait penser enregistrer l'ensemble des données du barème, ou mieux décomposer la courbe de tarage en une succession de segments de droites, mais cette méthode conduisant, pour une définition correcte de la courbe, à un grand nombre de données, il a paru préférable, pour réduire les temps d'utilisation du calculateur, de définir la courbe de tarage comme une succession de courbes de la forme : $Q = k(H - H_0)^n$. Les différentes équations définies par leurs valeurs extrêmes de validité et les coefficients correspondants (k , H_0 , n) sont déterminés par programme, à partir de points de la courbe de tarage tracée par l'homme d'après les résultats de jaugeages.

La transformation des hauteurs d'eau en débit se réduit alors simplement à l'extraction d'équations et à un calcul suivant la formule indiquée précédemment. Il est souhaitable toutefois, étant donné le maintien des méthodes actuelles dans le domaine des stations-usines, de procéder à l'archivage des résultats selon une technique semblable à celle qui a été décrite antérieurement.



3/ Enregistreur magnétique et codeur pour enregistrement des hauteurs d'eau.
Magnetic water level recorder and coder.

État futur

Utilisation de codeurs magnétiques dans les stations de jaugeage.

Les services américains du Geological Survey ont remplacé progressivement depuis quelques années tous les enregistreurs analogiques par des codeurs digitaux à bandes perforées Fischer and Porter. Plus de 6 000 appareils de ce type sont actuellement en service dans les stations de jaugeage américaines. Ce dispositif a été adopté par les services du Ministère des Richesses Naturelles du Québec. La société OTT mettait également en fabrication un limnigraphe à bandes perforées en code Téléx.

Les ingénieurs d'Electricité de France, comme la plupart de leurs collègues européens, souhaiteraient conserver les limnigraphes aux côtés de codeurs numériques. Il semble en effet que l'enregistrement analogique soit irremplaçable du point de vue qualitatif car il permet, d'un seul coup d'œil sur le terrain, un jugement sur le fonctionnement de la station, la qualité de l'enregistrement et l'allure des phénomènes. D'un point de vue quantitatif même, il est précieux pour déterminer *in situ* par exemple l'heure et la valeur d'une pointe de crue.

Les solutions étudiées consistaient de ce fait :

- soit à adjoindre aux enregistreurs actuels des codeurs numériques d'un prix réduit et d'un volume assez faible pour être mis en place dans les abris existants sans modification;
- soit à remplacer les enregistreurs en service par des appareils simultanément enregistreurs analogiques et codeurs numériques.

La première solution a été retenue en collaboration avec les Ingénieurs de l'ENEL et sur les idées de M. Guillot; une première série de quelques prototypes de codeurs magnétiques a été construite et mise à l'essai en laboratoire en 1968, sur le terrain en 1969.

La solution du codage sur bandes magnétiques a été adoptée, comme l'ont également fait les hydrologues anglais, parce qu'il a paru après étude qu'un appareil de ce type serait moins onéreux, de

plus faible volume et exigerait une source d'énergie moins importante qu'un codeur à bande perforée.

La réalisation des premiers prototypes permet d'espérer qu'un codeur coûterait 500 F pour la mesure de la pluie, 1 000 F pour la mesure des hauteurs et qu'il serait possible avec des piles classiques d'assurer une autonomie de 1 an avec un enregistrement toutes les 5 mn sur une bande de 25 m de longueur. Les bandes magnétiques se présentent en cassettes du commerce, que l'on peut expédier par la poste.

Un dispositif spécial à grande vitesse de lecture, d'un prix réduit, permettra de transformer les bandes magnétiques des cassettes en bandes magnétiques assimilables par ordinateur, après introduction au clavier des données d'identification.

Ces nouvelles bandes seront traitées ensuite sur ordinateur pour assurer la transformation des relevés de hauteurs en valeurs de débits : le reste du traitement sera analogue à ce qu'il est actuellement.

Gains dus à l'utilisation de calculateurs rapides.

L'augmentation sans cesse croissante du nombre de données à traiter et des résultats annexes demandés (courbes de débits classés, courbes de fréquence, courbes chronologiques, corrélations, etc.) fait envisager l'emploi de calculateurs de plus en plus puissants et de plus en plus rapides, et il faut envisager d'utiliser un ordinateur permettant de travailler en temps partagé.

Les programmes mis au point sur CAE 510 (16 384 mémoires, lecteur de ruban perforé, perforateur, deux dérouleurs de bande magnétique, une table traçante) doivent être adaptés à partir de juin 1969 à un ordinateur plus rapide, du type ICL 1902 A, équipé d'unités de bandes et de disques magnétiques, conçu pour le travail en temps partagé. La présence des disques permettra une réduction très importante, par rapport à la solution actuelle avec bandes magnétiques, du temps d'utilisation du ordinateur et conduira à une diminution relative des frais occasionnés par le traitement, tout en améliorant la qualité.

L'impression des résultats sera faite par une imprimante rapide.

Conclusion

Le traitement mécanographique des données permettra un gain de temps plus appréciable lorsque les stations seront toutes munies de codeurs numériques sur le terrain, mais l'expérience du Geological Survey montre que l'avantage du système réside essentiellement dans la rationalisation du travail, l'amélioration de la qualité des résultats et la possibilité d'utiliser ultérieurement, pour toute étude hydrologique, les données archivées sur bande ou sur disque magnétique au fur et à mesure de leur traitement et de leur publication.

Ce mode de traitement de l'information semble d'autant plus nécessaire que les débits naturels sont de plus en plus rares et qu'il est souvent nécessaire de procéder à des calculs de reconstitution des débits naturels mettant en jeu un grand nombre de données, dont certaines ont des repercussions sur de nombreuses autres.

M. le Président ouvre la séance et souligne l'intérêt que porte l'E.D.F. au genre d'étude qui est abordé dans cette session. D'ailleurs, outre leur utilité pour l'exploitation des forces hydrauliques, ces investigations sont indispensables pour tenter de résoudre les nombreux problèmes que posent, à l'heure actuelle, la collecte et le dépouillement des mesures hydrométéorologiques dans le cadre des projets d'aménagements concertés de bassin, destinés à faire face aux besoins en eau de secteurs très divers.

M. le Président donne la parole à M. FLEURÉ qui présente d'une manière particulièrement vivante la communication qu'il a établie en collaboration avec M. ANDRÉ.

M. MURIN donne le point de vue de la Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne qui procède, depuis deux ans, au traitement automatique de ses mesures hydroclimatologiques :

« La chaîne de dépouillement des données hydrologiques, qui seule nous préoccupe ici, est constituée par :

« — Un appareil analyseur de limnigrammes et perforateur de bandes de type DTG.-E.D.F. qui vient d'être présenté par M. FLEURÉ. Cette division d'Electricité de France a bien voulu, en effet, nous associer à la construction de cet appareil. Jusqu'ici les données « hauteur-temps » étaient introduites sous forme de cartes perforées à partir de bordereaux, ce qui représentait un travail aussi long que fastidieux.

« — Une série de programmes pouvant être caractérisés par leurs conditions d'emploi et leurs objectifs.

« Les conditions d'emploi sont aussi souples et générales que possible. Il en résulte corrélativement une certaine complexité au niveau des programmes.

« Pour illustrer cette souplesse d'emploi, on peut citer en exemple la possibilité d'introduire l'information limnimétrique de base avec des « pas de temps » quelconques et variables dans la gamme 30 minutes-24 heures.

« Les objectifs de ces programmes sont doubles. Ils doivent permettre :

« — D'une part, de calculer et d'éditer tous les éléments traditionnels d'un annuaire, avec application des règles « d'arrondis » conventionnelles et reconstitution des écoulements naturels par correction des influences artificielles de l'amont. Un sous-programme de typographie assure, compte tenu des valeurs extrêmes prises par les données d'un même mois, le centrage optimal des chiffres dans les colonnes d'un tableau préimprimé.

« — D'autre part, d'élaborer un certain nombre de documents nécessaires aux études hydrologiques.

« Parmi les diverses possibilités de travaux, on peut citer :

« — Le tracé d'hydrogrammes, sur imprimante, pour toute l'année ou seulement pour des périodes intéressantes, avec un jeu d'échelles variables en débit et en temps assurant dans chaque cas une précision suffisante. Ces courbes peuvent être directement utilisées en particulier pour la séparation des différents écoulement et le planimétrage des volumes correspondants.

« — L'établissement de listes et courbes de débits classés.

« — La mise en archives, sur rubans magnétiques, de données élaborées en vue de calculs statistiques ultérieurs. »

M. Mario TOXINI rend compte des travaux de l'E.N.E.L. en ce qui concerne la lecture des diagrammes :

« L'E.N.E.L. s'est orientée vers un type commercial de lecteur semi-automatique, car les appareils automatiques utilisant des encres spéciales pour l'enregistrement des diagrammes sont très coûteux.

« Après enquête, on a décidé l'achat du « pencil Joltawer » fabriqué par la D. Mac de Glasgow. Il comprend une table de travail contenant le mécanisme de lecture; une console qui renferme les circuits électroniques de contrôle et de commande de l'enregistrement des données de lecture sur bande magnétique ou perforée; et enfin, un clavier pour enregistrer sur bandes les données d'identification.

« La plume employée pour suivre le tracé du diagramme crée un champ magnétique qui attire un aimant, placé sur un chariot, tiré par un système de câbles selon les axes de coordonnées « xy » de la table. Un ensemble de contacts donne immédiatement la valeur des coordonnées (en dixièmes de millimètres) du point indiqué par la plume.

« Le lecteur est équipé de plumes différentes, à stylo, à réticule, à loupes et à grande base pour la lecture des microfilms projetés sur le plan de lecture par un appareil spécial.

« La lecture peut être faite par points, c'est-à-dire en déterminant chaque fois la position de la plume et en commandant l'enregistrement des coordonnées y relatives, ou bien en « continu », c'est-à-dire en suivant la courbe avec la plume et en effectuant, automatiquement l'enregistrement des couples de coordonnées à la fréquence d'un couple chaque dixième de seconde. Dans ce cas, la longueur de diagramme entre un couple de coordonnées et le suivant dépend du temps employé pour suivre la courbe au mieux des difficultés, ou particularités que présente le tracé de celle-ci; ainsi la densité des points enregistrés est plus grande aux endroits où cela est plus nécessaire : au voisinage des « pointes » par exemple.

« La précision de l'appareillage est de 0,1 mm, tandis que la précision de poursuite d'une courbe dépend de l'opérateur et de la vitesse avec laquelle celui-ci « suit » la courbe. Après des essais exécutés par des opérateurs différents, ladite erreur de lecture s'est révélée comprise, en moyenne, entre 0,2 et 0,4 mm.

« L'opération de lecture est extrêmement simple; elle consiste :

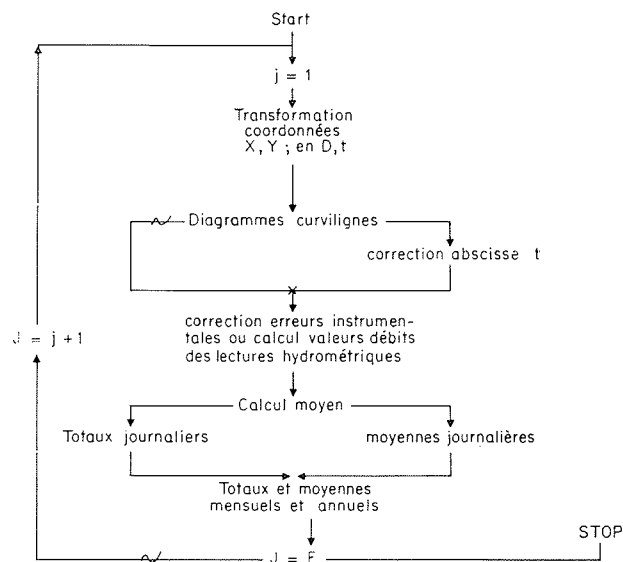
- 1° à introduire, avant de lire un diagramme, au moyen du clavier *ad hoc*, une série de données d'identification;
- 2° à poser sur la table le diagramme d'une façon tout à fait arbitraire;
- 3° à lire les coordonnées de deux points suivant les axes du diagramme;
- 4° et enfin, à parcourir le diagramme avec le lecteur en « continu ».

« Les bandes enregistrées sont envoyées au centre de calcul où elles sont élaborées au moyen d'un programme de calcul permettant de :

- 1° transformer les coordonnées lues sur la « table » en coordonnées des diagrammes;
- 2° corriger les valeurs lues en tenant compte des erreurs instrumentales;
- 3° transformer les hauteurs d'eau à l'échelle en débits, etc.;
- 4° obtenir la série des valeurs moyennes (ou totales), journalières, mensuelles et annuelles, imprimées sous la forme de tableaux numériques.

« Le programme est à un stade avancé de réalisation et on est en train d'exécuter les premières lectures périodiques et systématiques de diagrammes.

« L'expérience, jusqu'à présent acquise, permet de dire que la lecture des diagrammes relatifs à une année de fonc-



tionnement d'une station limnigraphique, peut être réalisée dans un temps de l'ordre d'une demi-journée de travail; pour une station pluviographique, le temps de lecture est de l'ordre d'une journée de travail. »

M. TOXINI fait circuler quelques photos illustrant sa communication.

M. DICONNE fait part de l'expérience de la 2^e Circonscription Electrique de Dijon, en matière de traitement des informations :

« La 2^e Circonscription Electrique exploite un réseau de 85 stations de jaugeage dont les débits sont calculés avec le concours d'un « Service bureau » I.B.M.

« Ce service délivre pour chaque station :

- a) un tableau des débits journaliers avec paramètres connexes (débits spécifiques - lames d'eau, etc.) tel qu'il est publié dans les annuaires;
- b) le barème $Q = f(H)$ défini tous les centimètres;
- c) les cartes perforées sur lesquelles figurent les débits journaliers calculés.

« Il paraît intéressant de signaler que le coût global net de ces documents est de 125 F par station et par an en moyenne.

« Les données fournies à I.B.M. sont les suivantes :

- 1° les hauteurs journalières (1 point, 3 points ou 12 points) imprimées sur bande à partir d'un appareil très simple permettant la lecture de ces hauteurs sur les limnigrammes. Le temps nécessaire pour le traitement de 52 diagrammes hebdomadaires est de 6 h environ à raison de 12 hauteurs par jour; il peut être réduit à 4 h et même à 3 h avec des données comportant moins de 12 hauteurs par jour (1, 3 ou 12 hauteurs);
- 2° un tableau $Q = f(H)$ défini par points — en général, de 20 à 30 points par courbe — étant entendu qu'entre chaque point on interpole linéairement;
- 3° Une fiche d'identification de la station sur laquelle sont indiquées les données générales figurant sur le tableau des débits (nom de la station, numéro de code, niveau du zéro de l'échelle, type de station, etc.). »

M. FLEURÉ précise que la Division Technique Générale qui travaille en liaison étroite avec les Groupes de Production Hydraulique et plus particulièrement avec les exploitants, ne peut se borner à un unique traitement annuel des données. Les programmes ont été conçus pour opérer sur la base d'un mois. Si un dépouillement des données en hauteur s'impose, il est vraisemblable que la durée comprise entre l'observation et le dépouillement des données devra être encore plus réduite pour satisfaire aux besoins particuliers de certains utilisateurs.

M. le Président souligne cependant l'intérêt de l'expérience de la 2^e Circonscription Electrique de Dijon, en particulier en ce qui concerne le prix de revient du dépouillement des données d'un faible nombre de stations.

M. DOMERGUE insiste sur l'importance — pour la précision des résultats — de la stabilité des courbes de tarage et sur les inconvénients des fluctuations de la topographie des lits dans toute la zone pouvant influencer la hauteur d'eau au droit de la station.

M. FLEURÉ estime que l'on ne trouve généralement pas, dans la nature, de courbe de tarage de stabilité parfaite, et l'instabilité est d'autant plus marquée que les pentes des rivières sont accentuées. On se demande même, lorsque l'on considère des rivières à caractère torrentiel (Arc, par exemple), si des travaux de stabilisation conduiraient à long terme à des résultats effectifs de meilleure fidélité de la courbe de tarage.

La précision des résultats de débits moyens dépend à la fois de la précision des mesures de débit destinées à déterminer la courbe de tarage et de la stabilité de cette dernière. De nombreux tests effectués par des méthodes différentes ont permis d'estimer à 2 ou 3 % la précision des mesures, qu'il s'agisse de jaugeage chimique ou de jaugeage au moulinet.

Dans le cas d'un déversoir de barrage — cas de fidélité quasi idéale pour la courbe de tarage — on obtient une courbe très précise malgré la dispersion ou l'incertitude des jaugeages : ceci résulte du fait que les erreurs ne sont pas systématiquement de même sens. La précision de la courbe obtenue est d'autant meilleure que les mesures sont plus nombreuses.

M. FLEURÉ précise, d'autre part, qu'il est préférable de tracer la courbe de tarage après une certaine interprétation

des résultats. A cet effet, la Division Technique Générale utilise un programme qui permet d'ajuster, entre deux points de jaugeage donnés, une courbe de la forme :

$$Q = k(H - H_0)^n,$$

les points pivots étant des données élaborées par l'homme et non les résultats bruts des jaugeages.

Après quinze ans d'expérience, dit M. ANDRÉ, nous ne croyons plus qu'il soit possible de stabiliser définitivement les torrents de montagne pour obtenir des courbes de tarage fidèles, mais nous pensons qu'il est préférable de rechercher une méthode d'enregistrement direct du débit sans passer par la hauteur d'eau.

A titre d'information, il donne l'ordre de grandeur des prix des codeurs magnétiques, dont a parlé M. FLEURÉ : 500 F environ pour un pluviographe, 1 000 F environ pour un codeur de hauteur d'eau, soit trois à cinq fois moins cher que les appareils actuellement dans le commerce.

Pour répondre aux questions posées concernant le coût du traitement automatique, M. RODIER indique qu'à l'O.R.S.T.O.M. les employés qui faisaient autrefois la transformation des hauteurs en débits, à la main, et qui, depuis, ont été « reconvertis », font la seule opération manuelle, perforation et vérification des cartes de hauteurs, dans le cinquième du temps utilisé autrefois pour la transformation hauteur-débit à la main. Le temps requis pour la transformation à l'ordinateur et les coûts correspondants sont négligeables devant le prix de la perforation. Au total, l'économie est voisine de 80 %. Devant les progrès incessants du traitement automatique, on peut se demander ce qu'il advient de l'humble et ingrat travail de mesures. En fait, son importance devient de plus en plus grande, comme l'ont bien montré les discussions de ces deux jours. L'intérêt se porte maintenant sur deux points extrêmes : qualité et sécurité des observations et des jaugeages d'une part, chasse aux erreurs dans la perforation des cartes et bonne adaptation des programmes de calculs d'autre part.

M. CHARLIER (Société Girec, Bruxelles) intervient, en ces termes, sur les trois points ci-après :

1° *Normalisation des réseaux* : au Congo, on a utilisé les appareils Ott dès 1955; en Belgique, on utilise depuis 1965 les appareils Ott et X...; ces derniers sont plus perfectionnés mais, jusqu'à présent, leur emploi a donné lieu à certaines difficultés non encore résolues, tandis que les appareils Ott donnent satisfaction.

2° Nous mettons au point, en Belgique, un appareillage de transmission permettant d'utiliser le courant de retour du réseau public téléphonique pour transmettre directement les indications des hauteurs d'eau.

Le programme des appels du poste central vers les postes isolés de terrain serait établi préalablement : 60 appels par heure peuvent être faits. Les hauteurs transmises seront immédiatement perforées sur bandes et traitées par un appareil imprimeur; les bandes peuvent servir ultérieurement pour toutes opérations de calculs ou d'archives. Il faut, bien entendu, que les postes de terrains puissent être raccordés au réseau téléphonique public ou privé et que la précision de captage du niveau d'eau soit à la mesure de la précision de l'appareillage électrique; jusqu'à présent, cette dernière condition n'est pas toujours satisfaite.

3° Les courbes de tarage donnent généralement les débits en fonction des hauteurs. Le cas des rivières navigables canalisées exige de connaître le débit en fonction de la pente ou de la vitesse moyenne, puisque, très souvent, la hauteur ne varie pas.

Nous avons recherché un point de la section où le rapport entre la vitesse mesurée et la vitesse moyenne générale ne varie guère; il faudrait donc pouvoir enregistrer et transmettre à distance la vitesse en un tel point pour connaître le débit.

Nous sommes intéressés à connaître les performances d'appareils permettant ces opérations.

Pour la Meuse, en aval de Givet, par exemple, nous possédons une relation entre débits et pentes pour les débits supérieurs à 50 m³/s; pour les débits inférieurs, nous possédons seulement une relation entre débits et vitesses moyennes. Le débit de 50 m³/s correspond à une vitesse moyenne de l'ordre de 15 cm/s.

M. le Président remercie M. CHARLIER de son intéressante intervention et attire l'attention sur l'importance du troisième point; malheureusement, personne ne peut fournir, sur-le-champ, une réponse à M. CHARLIER.